

Aus der Psychiatrischen Klinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

Zur Topographie der Amplituden-und
Frequenzeigenschaften des EEG.

Anwendung einer Auto-averaging-Technik
unter klinischen Routine-Bedingungen.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg- Universität in Mainz.

Dem Fachbereich Medizin vorgelegt
von Ulla Dörflinger
aus Worms

Mainz 1979



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Psychiatrischen Klinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

Zur Topographie der Amplituden-und
Frequenzeigenschaften des EEG.

Anwendung einer Auto-averaging-Technik
unter klinischen Routine-Bedingungen.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg- Universität in Mainz.

Dem Fachbereich Medizin vorgelegt
von Ulla Dörflinger
aus Worms

Mainz 1979

Dekan: Professor Dr. Leithoff

1. Gutachter: Professor Dr. H. Rieger

2. Gutachter: Dr. E. Dieterich

Tag der mündlichen Prüfung: 12.12.1979



Gliederung

A. Einleitung	
a) spezielle Zielsetzung	S.2
B.1. Methode	S.3
1.1. Die "mittlere Amplitude"	S.5
1.2. Die "mittlere Frequenz"	S.6
1.3. Der Asymmetrie-Index	S.7
2. Material	S.7
3. Darstellung der Fälle	
Visuelle und automatische Auswertung der EEGs sowie Vergleich beider Methoden	S.9
4. Zusammenfassung der Ergebnisse	S.65
5. Diskussion	S.70
5.1. Zur Methode	
a) Vergleich mit anderen Methoden der automatischen EEG-Analyse	S.70
b) Einige praktische Gesichtspunkte	S.74
5.2. Zu den Ergebnissen	
a) Zur Patientenauswahl	S.75
b) Vergleich der visuellen und der automatischen Auswertung	S.75
c) Gesichtspunkte zur künftigen Indikationsstellung	S.76
6. Zusammenfassung	S.78

Einleitung

In der klinischen Diagnostik spielt das EEG als einfaches, nicht invasives und ohne radioaktive Substanzen auskommendes Verfahren, sowohl als Screening-Methode wie auch in der Verlaufsbeobachtung hirnnorganischer Erkrankungen eine bedeutsame Rolle.

In der klinischen Praxis werden visuelle Auswertungen vorgenommen. Hierbei werden Amplitude, Frequenz und Wellenformen empirisch erfaßt. Dabei muß ein großer Teil der im EEG enthaltenen Information für die Beurteilung unberücksichtigt bleiben. Das zeigt z.B. die Tatsache, daß ein Routine Alpha-EEG bei A/D-Wandlung mit einer Meßfrequenz von 250/sec bereits 2-3 Millionen Meßwerte enthält.

Ob diese Datenmenge wesentliche, klinisch bedeutsame, aber visuell nicht hinreichend erfaßbare Informationen enthält, kann nur durch Anwendung quantitativer Analysemethoden und im Vergleich mit der konventionellen Auswertung geklärt werden. Hierzu soll die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten.

Amplitude und Frequenz stellen neben der Wellenform die entscheidenden Parameter des EEG dar. Deshalb sind sie Grundlage und Orientierungspunkt bisher bekannter automatischer Methoden ebenso wie der visuellen Auswertung. Allerdings werden bei den Computer-Methoden die einzelnen Parameter getrennt untersucht. Das trifft für die Amplitudenhistographie und die hiernach modifizierte Amplitudenintegration DROHOCHIS ebenso zu, wie für die Intervallhistographie und die Periodenanalyse ¹⁾, wobei die beiden letzteren das Frequenzverhalten analysieren. Automatische Methoden zur Erkennung oder Eliminierung bestimmter Wellenformen ("pattern recognition") benutzen unter anderem Amplituden- und Frequenzverhalten als Grundlage zur Mustererkennung ²⁾. Sie sind nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Die angeführten Methoden sowie die auf der Fouriertransformation beruhende Spektralanalyse setzen entweder den direkten Zugang zu Rechenzentren voraus oder erfordern spezielle Apparaturen, die kostspielig sind und meist auch nur einige interessierende Parameter erfassen. Insofern scheint es von Interesse, eine möglichst einfache Methode zu finden, die möglichst vielen Laboratorien zugänglich ist und zu Ergebnissen führt, die mit einfachen Mitteln beschrieben werden können. Hier bieten sich in erster Linie Summationsmethoden an, da Summationsgeräte (Averager) zu den am weitesten verbreiteten EEG-Analysegeräten gehören ³⁾.

Im Folgenden wird eine Summationstechnik benutzt, deren theoretische Grundlage von STORM van LEEUWEN dargestellt wurde ⁴⁾, und die von RIEGER und KRIEGLSTEIN für praktische Zwecke modifiziert wurde ⁵⁾. Letztere Autoren berichteten bereits über praktische Anwendungen ⁶⁾, die durch vorliegende Arbeit im klinischen Bereich erweitert werden sollen.

Die Methode umfaßt Frequenz- und Amplitudeneigenschaften des EEG, während Formeigenschaften der EEG-Wellen zwar in den Summationsprozeß eingehen, aber nicht explizit aus der Kurve ablesbar sind.

a) Spezielle Zielsetzung

Bisher liegen keine hinreichenden Erfahrungen in der Anwendung automatischer Summationsmethoden an klinischem Material vor, sofern man von der hier nicht interessierenden Gewinnung von Reizantworten (evoked potentials) absieht. Es war daher zu prüfen, welche Beziehungen zwischen einem unter Routine-Bedingungen abgeleiteten EEG und den mittels Auto-averaging zu gewinnenden Meßwerten bestehen. Dabei sollte auch die topographische Organisation des EEG stärker berücksichtigt werden als dies üblicherweise bei automatischen Analysen der Fall ist. Um eine Übersicht über die speziellen Indikationen zu gewinnen, wurden sowohl normale EEGs, Normvarianten und Grenzbefunde als auch pathologische EEGs untersucht.

1. Methode

Das EEG wurde in bipolaren Längsreihen abgeleitet und simultan auf einem 8-Kanal-Magnetband (CdC-Schlumberger Typ Epi 2) aufgenommen. Dabei wurden sukzessiv je 2 mal 8 und 1 mal 4 Kanälen aufgenommen, sodaß 20 Meßpunkte über der Schädeloberfläche resultierten. Die Elektroden disposition entspricht dem internationalen 10-20-System, wobei besondere Sorgfalt auf die Einhaltung exakt gleicher Elektrodenabstände und symmetrische Elektrodenplatzierung verwandt wurde. Zusätzlich wurde je eine Elektrode frontal und okzipital Mitte verwendet.

Es wurden jeweils 3 mal 5 Minuten artefaktfreie Kurve registriert. Die Patienten befanden sich bei geschlossenen Augen im Wachzustand.

Abb.1

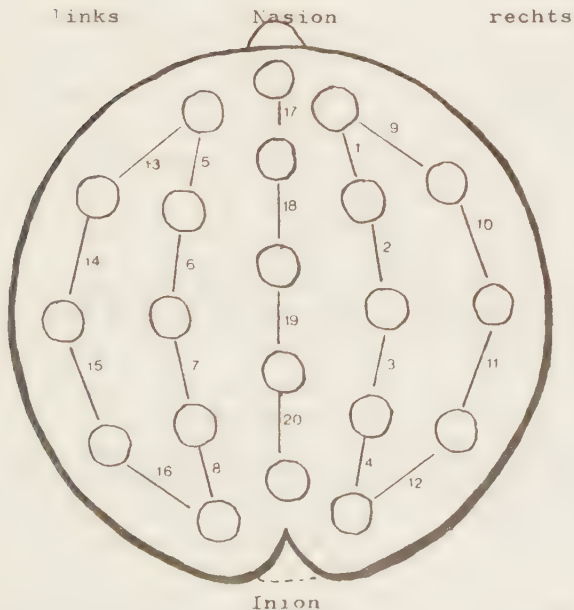
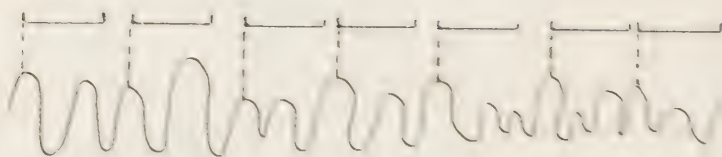


Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die Elektrodenplatzierung und das Ableitprogramm (leicht modifiziert nach CRAIB und PERRY) .

Die EEG-Kurven wurden visuell nach den in der klinischen Elektroenzephalographie üblichen Kriterien befundet. Die auf Magnetband gespeicherten Daten wurden auf einem Laborrechner (Nicolet 1070 N) in Digitalwerte überführt (Auflösung: $1 \mu\text{s}$, 8 bit). Die Weiterverarbeitung erfolgte mittels eines Auto-averaging-Verfahrens, das von RIEGER und KRIEGLSTEIN in Anlehnung an KAMP und STORM van LEFUWEN ⁸⁾ dargestellt wurde. Es beruht auf einer durch das EEG selbst getriggerten Summation von Kurvenfragmenten konstanter Dauer, die jeweils mit einem Kurvenmaximum beginnen. Das Kurvenmaximum ist gleichzeitig Auslöser des Triggersignals ("peak-trigger").

Abb. 2



— bezeichnet die gewählte Analysezeit.

Abbildung 2 zeigt das Prinzip der Trigger-Auslösung: Das erste Kurvenmaximum der zu analysierenden Kurve löst ein Triggersignal aus. Die nächste Summation kann erst nach Ablauf der gewählten Analysezeit ($2 \mu\text{s} \times 256 = 512 \mu\text{s}$) getriggert werden.

Die entstandene Summationskurve kommt in Form von der Autokorrelationsfunktion des EEG, wie dies von RIEGER und KRIEGLSTEIN und STORM van LEFUWEN beschrieben wurde.

Neben der mittleren Frequenz kann mit dieser Methode auch die mittlere Amplitude der EEG-Wellen bestimmt werden.

Die Ergebnisse wurden in Abhängigkeit vom Ableitort topographisch dargestellt. Hierbei wurde der Einfachheit halber eine rechteckige Darstellungsform der Schädeloberfläche gewählt.

Am jeweiligen Ableitort wurden mittlere Frequenz und mittlere Amplitude eingetragen, wobei für die Frequenz die in der Elektroenzephalographie üblichen Bezeichnungen Alpha, Beta, Theta und Delta gewählt wurden; die Werte für die Amplituden wurden numerisch aufgezeichnet.

Die Ableitorte der jeweils 4 höchsten und der 4 niedrigsten mittleren Amplituden wurden besonders hervorgehoben.

1.1 Die "mittlere Amplitude"

Die Summationskurve beginnt, da das Triggersignal durch ein Amplitudenmaximum ausgelöst wird, mit dem Höhepunkt einer Halbwelle. Diese fällt zur Nulllinie ab, um im Negativen ein neues Maximum zu erreichen. Alle zeitlich folgenden Wellen erreichen niedrigere Amplituden; sie nähern sich - aus statistischen Gründen - bei genügend langer Analysezeit der Nulllinie.

Die Höhe der ersten Halbwelle, gemessen am Abstand von Minimum zu Maximum, entspricht der Summe der EEG-Wellen in Abhängigkeit von der Anzahl der Triggersignale (N). Dividiert durch N stellt sie deshalb die "mittlere Amplitude" der an diesem Elektodenpaar abgeleiteten Spannungsdifferenz dar. Sie kann, unter Berücksichtigung der Verstärkung (E), in μV ausgedrückt werden:

$$\bar{A} = \frac{A}{N \cdot E} \quad (\mu V)$$

1.2 Die "mittlere Frequenz"

Der zeitliche Abstand (in ms) zwischen dem 1. Kurvenmaximum (das mit dem Triggersignal zusammenfällt) und dem 1. Minimum (s. Abb. 3) ist von der durchschnittlichen Frequenz der EEG-Wellen abhängig. Es entsteht eine Summationskurve, die bei langsamer Grundfrequenz in Richtung der Zeitachse breiter gedehnt ist als bei höheren Frequenzen. Deshalb kann der Abstand vom 1. positiven bis zum Erreichen des 1. negativen Extremwertes der Summationskurve zur Berechnung der "mittleren Frequenz" herangezogen werden. Wir nennen diesen Zeitabstand die Latenz (L), wobei L zunächst als Nummer der Speicheradresse abgelesen wird und dann durch Multiplikation mit Δt in ms umgerechnet wird.

$$\bar{F} = \frac{1000}{2 L \cdot \Delta t}$$

$\bar{F}$ bezeichnet die "mittlere Frequenz" des EEG. Δt entspricht der gewählten Auflösung von 2 ms.

Abb. 3

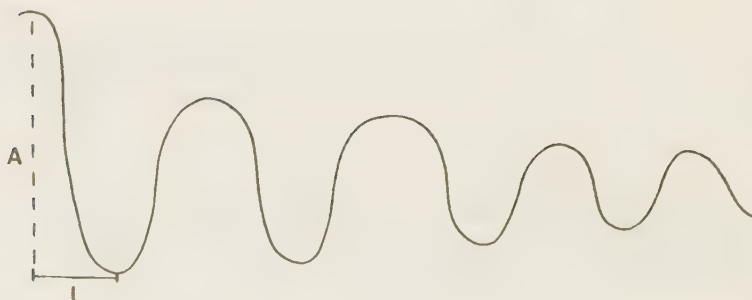


Abbildung 3 zeigt die Errechnung der "mittleren Frequenz" aus der entstandenen Summationskurve. Die Latenz (L) ist der zeitliche Abstand zwischen positivem und negativem Maximum der ersten Halbwelle.

1.3 "Asymmetrie-Index"

Die auf die oben beschriebene Weise gewonnenen Meßwerte erlauben einen interhemisphären Vergleich symmetrisch gelegener Ableitpunkte. Aus der klinischen Elektroencephalographie ist bekannt, daß leichtere Asymmetrien der EEG-Amplituden und -Frequenzen keine pathologische Bedeutung haben, Asymmetrien etwa ab 50 % jedoch auf eine Funktionsstörung hinweisen können.

Zur quantitativen Erfassung solcher Asymmetrien benutzen wir folgende Formel:

$$AI \% = \frac{re-li}{k} \times 100$$

(k = der kleinere der beiden Werte).

Bei seitengleichen Amplituden oder Frequenzen ergibt der Index 0 % ; bestehende Unterschiede werden jeweils zu positiven oder negativen Werten führen. Ein negatives Vorzeichen bedeutet jeweils einen numerisch höheren Meßwert über der linken Hemisphäre.

Die beschriebene Methode einer "getriggerten Autokorrelation" sowie die Gewinnung von Indizes für die mittlere Frequenz und die mittlere Amplitude hat den Vorteil besonderer Einfachheit. Auf spezielle Probleme, die sich im Vergleich zu mathematisch strengeren Analysemethoden ergeben, wird in der Diskussion eingegangen.

2. Material

Die EEGs wurden von 14 Patienten abgeleitet, die in der Zeit von Februar bis April 1975 stationär in der Neuro-psychiatrischen Universitätsklinik Mainz behandelt wurden.

Die Auswahl der Patienten erfolgte nach den bereits visuell befundeten Routine-EEGs. Es wurde dabei darauf geachtet, daß verschiedene Typen normaler und pathologischer Elektroencephalogramme aufgenommen wurden. Im einzelnen wurden ausgewertet: 3 Alpha-EEGs, 2 flache Normvarianten, 2 EEGs mit leichten Allgemeinveränderungen, 2 mit Herdbefunden und 5 EEGs mit Seitendifferenzen. Darstellung und Beurteilung der EEGs wurden, wie auch schon deren Auswahl, nach der visuellen Beurteilung geordnet.

Zunächst werden normale EEGs dargestellt, und zwar in der Reihenfolge: Alpha-EEGs, flache und rasche Normvarianten, dann Allgemeinveränderungen. Es folgen EEGs mit lokalen Abnormalitäten und schließlich diffus abnorme Elektroencephalogramme.

3. Darstellung der Fälle

Visuelle und automatische Auswertung der EEGs sowie Vergleich der beiden Methoden

- 1) Die 49jährige Patientin L. machte im Frühjahr 1975 nach langem Alkoholabusus eine sechswöchige Entziehungskur.

Sie hielt sich vier Monate vor der stationären Aufnahme in Mainz auf, wo sie in einem Hotel am Bahnhof wohnte und arbeitete. In dieser Zeit trank sie täglich ca. 20 Schnäpse und 10 Biere.

Eine Woche vor der Aufnahme erkrankte Frau L. an einem fieberhaften Infekt und konnte nicht mehr die gewohnte Menge Alkohol zu sich nehmen. Ihr Zustand verschlechterte sich zusehends; sie zitterte, hatte Herzbeschwerden und Angstgefühle. Schließlich wurde sie in delirantem Zustand eingeliefert.

Ein Jahr zuvor wurde Frau L. wegen einer Lues II behandelt. Seit dieser Zeit war auch eine Claudicatio intermittens bekannt.

Unter der Behandlung mit Distraneurin ging die delirante Symptomatik rasch zurück. Frau L. wurde nach 10 Tagen entlassen. Sie zeigte noch ausgeprägte vegetative Symptomatik mit Tremor und Schweißausbrüchen.

Diagnose: Delirium tremens

Visuelle Beurteilung

"Reichlich ausgeprägte, meist spindelrig modulierte Alpha-Tätigkeit um 10 c/s, symmetrische, okzipital bis 80 uV. Nur vereinzelt überlagernde Theta-Komponenten. In der temporalen Längsreihe sowie in der Mittellinien-Ableitung keine neuen Gesichtspunkte, gegen Ende allerdings einzelne, deutlich langsame Wellen.

Beurteilung: Normales EEG vom Alpha-Typ."

Asymmetrie-Index in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
20,4	-1,5	-4,3	-4,5
9,2	26,1	10,6	10,6
-12,6	-12,9	4,7	4,7
-17,1	32,3	0	-4,6

Computer Auswertung

9.3	8.9	8.9	6.8	11.2
x	x	x	x	x
14.0	16.5	14.7	20.8	15.3
x	x	x	x	x
25.0	34.2	33.8	29.8	22.2
x	x	x	x	x
34.0	47.1	27.9	58.1	46.1
x	x	x	x	x

Die Computer Auswertung zeigt über allen Ableitregionen eine mittlere Frequenz im Alpha-Bereich von 10,0 c/s frontal (Kanal 17) bis 13,5 über mehreren Ableitungen (14,15,16,5,2). Die Amplitudenminima liegen frontal (Minimum 6,8 uV über Abl. 1), die Maxima okzipital (Maximum 63,1 uV über Kanal 14)

Vergleich beider Methoden

Die Ergebnisse beider Auswertmethoden sind gut miteinander vereinbar.

Es ist bemerkenswert, daß auch über der vorderen Schädelregion ein Alpha-Rhythmus zur Darstellung kommt.

Die topographische Verteilung von Amplitude und Frequenz entspricht der Norm. Eine herausragende hohe mittlere Amplitude findet sich lediglich rechts okzipital (Ableitung 4).

Auch der Asymmetrieindex zeigt keine auffällige Seitendifferenz.

2) Die 49 jährige Patientin erkrankte im Anschluß an eine gynäkologische Operation im Alter von 41 Jahren erstmals an einer längeren depressiven Phase.

Während der folgenden Jahre mußte sie wegen rezidivierender depressiver Schübe immer wieder stationär behandelt werden. Die Depressionen traten im Zusammenhang mit größeren Belastungen wie Umzug in eine andere Stadt oder Stellenwechsel auf; es ergaben sich ferner Hinweise für eine Disposition zu neurotischem Reagieren.

Das EEG wurde im Rahmen der Routineuntersuchung während des stationären Aufenthaltes abgeleitet.

Visuelle Beurteilung

"Reichlich ausgeprägte, bisweilen weit nach vorn streuende Grundtätigkeit um 9 - 10 c/s, symmetrisch, 30 uV. Nur leichte Unregelmäßigkeiten. In HV (nach Bandaufnahme) keine Besonderheiten.

Beurteilung: normales EEG vom Alpha-Typ."

Asymmetrie-Index

in % der Asymmetrie:

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
-29,6	-26,2	-36,0	-28,3
-15,0	11,6	6,6	6,5
- 9,7	-19,8	-35,0	-3,3
-55,8	-29,6	- 3,2	4,5

Computer Auswertung

9.11	8.97	8.19	7.11	7.03
α 12	α	α 12	θ	θ 5
9.11	8.71	8.85	7.81	8.44
α 12	α 5	α 12	α	α
8.27	9.07	9.26	7.57	7.54
α 12	α	θ 19	α 3	θ 11
9.53	8.76	8.63	6.76	6.71
α 12	α 5	θ	α 4	α

Die automatische Auswertung zeigt einen Grundrhythmus im Alpha-Bereich, wobei median und rechts etwas langsamere Wellen im Grenzbereich zu Theta vorhanden sind. Insgesamt ist die Frequenz über der linken Schädelhälfte etwas schneller als über der rechten.

Die Amplitudenverteilung zeigt eine Häufung hoher Amplitudenwerte in der Schädelmitte. Über der linken Hemisphäre besteht ein recht konstanter Anstieg der Amplituden von frontal nach okzipital. Über der rechten Hemisphäre sind die niedrigen Amplituden über den hinteren Schädelregionen zu finden.

Im Ganzen sind die Amplituden links etwas höher als rechts.

Es handelt sich um ein EEG, das mit der Häufung niedriger Amplituden okzipital rechts und einer leichten Seitendifferenz im Grenzbereich der Norm liegt.

Vergleich beider Methoden

Die Ergebnisse beider Methoden weichen leicht voneinander ab. Die automatische Methode zeigt hier Hinweise auf eine Seitendifferenz des EEG, mit links höheren und schnelleren Wellen als rechts.

Vom praktisch - klinischen Gesichtspunkt aus werden Asymmetrien, die die 50-Prozent-Grenze überschreiten zu einer Kontrollaufnahme - auch bei visuell normalem EEG - Anlaß geben. Desgleichen wird man eine Überprüfung des neurologischen Befundes vornehmen und die Anamnese genauer nach frühen Zerebralschäden erfragen.

Diese Bemühungen verliefen im vorliegenden Fall negativ. Hier wird nur die Verlaufsbeobachtung klären können, ob dem Befund eine praktische Bedeutung zukommt.

- 3) Die 77 jährige Patientin K. leidet seit vielen Jahren an einer endogenen Depression. Sie war deswegen mehrfach stationär behandelt worden und kam jetzt mit einem neuerlichen Schub zur stationären Aufnahme. Neurologisch fanden sich keine Besonderheiten.

Visuelle Beurteilung

"Reichlich ausgeprägte, etwas frequenzlabile und unregelmäßige Grundtätigkeit um 10 c/s, symmetrisch. Intermittierend Alpha-Minderung, flache Theta-Wellen. Gute Blockade und räumliche Gliederung. In HV keine wesentliche Änderung.

Beurteilung: Alpha-EEG im Normbereich mit leichten Unregelmäßigkeiten. Keine Anfallsmuster oder verwertbare Herdzeichen."

Asymmetrie-Index in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
5,5	-14,3	-12,0	-14,9
6,9	57,1	9,2	-8,3
-180,8	-142,6	-12,5	-8,3
-47,7	-64,5	0	4,3

Computer-Auswertung

10,8	10,4	10,8	10,8	10,8
1	1	1	1	1
10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
1	1	1	1	1
10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
1	1	1	1	1
10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
1	1	1	1	1

Die Grundfrequenz liegt mit Werten zwischen 7,81 und 10,87 c/s durchweg im Alpha-Bereich.

Die Amplitudenverteilung zeigt eine Gruppe hoher Wellen okzipital links (7, 8, 15 und 16). Über der gesamten hinteren Schädelregion sind die Amplituden links höher als rechts.

Über der vorderen Schädelhälfte sind die Amplituden von der Frontalreihe an leicht ansteigend bei insgesamt niedrigen Amplitudenwerten. Mit rechts gering höheren Werten als links findet sich hier ein umgekehrtes Bild als über der hinteren Region.

Insgesamt liegt die Amplitudenverteilung, insbesondere im hinteren Schädelbereich nicht mehr in der Norm. Es zeigen sich hier deutliche Seitendifferenzen.

Vergleich beider Methoden

Die Ergebnisse beider Methoden divergieren insofern, als die sehr ausgeprägte Asymmetrie der Amplituden im visuellen Befund nicht beschrieben wurde und bei nochmaliger Durchsicht nicht in dem beschriebenen Ausmaß erkennbar ist.

Eine wesentliche Information der visuellen Beurteilung: "intermittierende Alpha-Minderung, flache Thetawellen," sowie: "keine Anfallsmuster oder verwertbare Herdzeichen" können aus methodischen Gründen in der automatischen Auswertung nicht zur Darstellung kommen.

Zeitliche Variationen des EEG, die in der Größenordnung über der Analysezeit von 256 μ t liegen, gehen lediglich in die Mittelwerte ein, werden aber nicht explizit erfaßt. Bei nicht stationärem Verhalten des EEG wird man darum besser beraten sein, jeweils vergleichbare EEG-Fragmente zusammenzufassen, sie zu analysieren und gegebenenfalls mit der Analyse von Strecken andersartiger Aktivitäten zu vergleichen.

- 4) Die 54jährige Patientin K. wurde nach einem Suizidversuch während einer ersten depressiven Verstimmung in die Neuropsychiatrische Klinik aufgenommen. Sie zeigte eine ausgeprägte Affektarmut, war bedrückt und sehr unruhig. Während der Behandlung mit hohen Dosen Laroxyl und einer geringen Dosis Haloperidol kam es zu ausgeprägten deliranten Erscheinungen und Harnverhalten. Die Temperatur stieg bei hochgradiger Exsikkose auf 41°C an. Dabei entwickelte sich eine ausgeprägte zeitliche und örtliche Desorientiertheit, Störungen der Feinmotorik und eine allgemeine Verlangsamung. Eine zweite depressive Phase führte im Januar 1975 zu einer erneuten stationären Behandlung; sie konnte durch eine Opiumkur nicht beseitigt werden. Eine Infusionstherapie mit Nootrop führte anfänglich zu einer leichten Antriebssteigerung, die aber mit der Reduktion der Dosis wieder abnahm. Das Sprachverhalten beschränkte sich auf wenige knappe, zum Teil unvollständige Sätze. Das Bild besserte sich bis zur Entlassung nicht wesentlich.

Visuelle Beurteilung

"Spärliche bis mäßig ausgeprägte, etwas unregelmäßige Grundtätigkeit um 9 c/s, symmetrisch.

Einige Artefakte, keine Besonderheiten.

Beurteilung: EEG im Normbereich."

Asymmetrie-Index

in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
5,4	26,4	6,7	-20,0
44,2	163,7	283,3	-103,7
-59,3	13,2	-2,3	0
54,1	30,9	4,1	-4,6

Computer-Auswertung

8.02 δ 13	6.36 δ 5	15.68 δ 17	8.04 δ 1	8.46 δ 9
5.04 δ 12	2.73 δ 5	8.77 δ 18	7.2 δ 2	7.27 α 10
9.99 δ 12	6.34 δ 5	2.38 δ 17	7.18 δ 3	6.27 δ 11
10.61 α 12	12.18 δ 5	4.04 α 20	15.95 δ 4	6.35 α 12

Die Frequenz schwankt in großen Bereichen zwischen Alpha und Delta. Dabei ergeben sich frontal durchweg niedrige Frequenzen im Delta-Bereich, okzipital höhere im Alpha-Bereich. Dazwischen liegen die verschiedenen unterschiedlichen Frequenzen diffus verstreut. So findet sich in der 2. Querreihe von links nach rechts nebeneinander Delta, Theta, Delta, Delta und Alpha. Ähnlich große Schwankungen sind auch in der 3. Querreihe von vorn zu finden. Ein einheitlicher Grundrhythmus läßt sich nicht feststellen, wie dies ja bei flachen Normvarianten zu erwarten ist.

Die Amplitudenmaxima finden sich okzipital mit dem höchsten Wert von 16,3 uV über Ableitung 12. Dabei muß erwähnt werden, daß die beiden höchsten Amplitudenwerte über Ableitung 17 und 18 nicht zu verwerten sind; hier wurden (u.a. zur Prüfung der Störbarkeit der Methode) Lidschlagartefakte mit aufsummiert.

Die Minima liegen verstreut, vorwiegend über der linken Hemisphäre temporal okzipital, mit dem niedrigsten Wert von 2,7 uV über Elektrode 6.

Man würde die starken Frequenzschwankungen sowie die unregelmäßige Amplitudenverteilung als auffällig bis abnorm beurteilen, wenn sie in einem EEG aufträten, das eine hinreichend ausgeprägte Aktivität aufweist. Dies ist bei flachen Normvarianten nicht der Fall. Die übereinstimmend mit der visuellen Auswertung gemessenen, sehr niedrigen Amplitudenwerte zeigen, daß hier ein besonders ungünstiges Signal/Rauschverhältnis vorliegt, so daß die die Summation steuernden Triggersignale häufig durch zufällige Grundlinienschwankungen und nicht durch eine regelmäßige Aktivität zerebraler Herkunft ausgelöst werden. Dies muß auch zu einer mehr oder weniger zufälligen Struktur der Amplituden- und Frequenztopographie führen.

Vergleich beider Methoden

Der in der visuellen Beurteilung angeführten "etwas unregelmäßigen Grundtätigkeit um 9 c/s" entspricht in der maschinellen Auswertung eine frequenzlabile, zwischen 7,6 und 10,4 c/s schwankende okzipitale Aktivität.

Im Gegensatz zur visuellen Beurteilung, in der von "symmetrisch" vorkommender Grundtätigkeit gesprochen wird, zeigen sich in der maschinellen Auswertung deutlichere Asymmetrien der Amplitudenverteilung, insbesondere über Regionen, die langsame Aktivitäten reichlicher enthalten. Vor allem die Lokalisation der 5 niedrigsten Amplituden entspricht nicht dem normalerweise zu erwartenden Verteilungstyp. Allerdings gilt die Einschränkung, daß die Ergebnisse der automatischen Auswertung in diesem Fall sehr flacher Amplituden nur bedingt zu verwerten sind. Auch müssen die Ableitstellen 17 und 18 wegen mitaufsummierter Lidschlagartefakte aus der vergleichenden Beurteilung ausgeklammert werden.

5) Die 50jährige Patientin K. litt seit 1962 an Schmerzattacken im Trigeminusbereich, die zunächst mit Alkoholinjektionen und Tegretal behandelt wurden. Nach einer Tegretal-Kur nahm sie täglich Tegretal-Tabletten, die sie sehr ermüdeten. Attackenartige Schmerzen traten seither nicht mehr auf, ständige Schmerzen im Nacken und Kopf kamen aber hinzu.

Seit 1969 litt sie an so starker Konzentrations- und Gedächtnisschwäche, daß sie ihre Arbeit aufgeben mußte.

Bei der Aufnahme ist Frau K. antriebs- und interessearm, ängstlich und in depressiver Stimmungslage.

Visuelle Beurteilung

"In der Ausgangslage flaches EEG mit unregelmäßigen,
in der Frequenz stark wechselnden Grundlinienschwankungen.
Nur einzelne Alphagruppen. Wiederholt Artefakte.

Beurteilung: Flache Normvariante mit spärlicher
Grundtätigkeit".

Asymmetrie-Index in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
-120,6	-148,9	117,3	
-7,8	-23,3	14,6	7,8
-103,3	-162,1	-31,4	-6,7
-19,5	4,1	-42,0	-6,2

Computer-Auswertung

8.35	1.12	0.59	0.45	1.6
ϑ		ϑ	ϑ	α
2.51	1.43	1.3	1.36	2.42
ϑ	α	α	α	α
4.96	2.80	1.56	1.08	2.44
α	α	ϑ	ϑ	ϑ
1.78	1.97	2.44	2.05	1.49
α	α	α	ϑ	ϑ

Die Grundfrequenz schwankt sehr stark, wobei eine mittlere Frequenz vom Alpha-Typ dominiert. Daneben finden sich auch Frequenzen im Theta-Bereich, vorwiegend okzipital über Ableitung 4, 11 und 12 sowie über Ableitung 14. In der Frontalreihe besteht eine langsame überlagernde Theta-Frequenz neben Beta-Wellen, die in der gesamten Frontalregion dominiert (1, 13 und 17).^{a)}

Insgesamt sind die Amplituden extrem flach, wobei die höheren Amplituden in der linken Hemisphäre liegen, die niedrigen vorwiegend rechts.

Es handelt sich hier um ein EEG mit Seitendifferenzen, die aus den gleichen Gründen wie im vorhergehenden Fall von Zufallsschwankungen nicht zu unterscheiden sind.

^{a)} Frequenz über Ableitung 5 war nicht bestimmbar

Vergleich beider Methoden

Wie im vorhergehenden Fall handelt es sich hier um ein EEG mit sehr niedrigen Amplituden. Die automatische Auswertung weist im Gegensatz zur visuellen Beurteilung Seitendifferenzen, insbesondere in der Frontalregion, auf Zufälle im Verteilungsmuster sind aufgrund der Störanfälligkeit bei solch geringen Grundlinienschwankungen nicht auszuschließen.

In diesem Fall ist das zugrundegelegte Verfahren nur bedingt anwendbar, da eine artefaktfreie Aufsummierung, wie auch im vorhergehenden Fall, kaum möglich ist.

6) Die 23 jährige Akkordarbeiterin B. litt seit 3 Jahren unter rezidivierenden Kopfschmerzattacken, die zunächst während der Arbeitszeit , seit einem Jahr auch zu Hause auftraten. Die Patientin lebte mit ihrer Familie im Hause der Schwiegereltern, die während ihrer Arbeitszeit das 3 jährige Kind versorgten. Wegen des Kindes entwickelten sich oft Eifersuchtsszenen. Die Kopfschmerzen wurden als "Drücken vor der Arbeit" ausgelegt.

Die Kopfschmerzen waren von Übelkeit, Brechreiz und Lichtscheu sowie Hyperakusis begleitet. Gelegentlich sei der linke Arm hypästhetisch geworden. Die Attacken dauerten bis zu Stunden an.

Röntgenologisch, szintigraphisch und angiologisch war kein pathologischer Befund zu erheben.

Visuelle Beurteilung

"Ausreichend ausgeprägte, jedoch stark frequenzlabile und von Thetawellen überlagerte Grundtätigkeit mit mäßiger räumlicher Gliederung. Im weiteren Verlauf auch einzelne diffuse mittelhohe Thetagruppen bis 70 uV, bilateral. In HV ab 3. Minute deutliche Aktivierung langsamer Wellengruppen, auch vereinzelte Deltakomponenten. Danach Rückkehr zum Ausgangsverhalten.

Beurteilung: Bereits pathologisches EEG mit mäßiger Allgemeinveränderung. Seitendifferenzen oder Herdzeichen finden sich nicht. Sofern ein Medikamenteneffekt auszuschließen ist, dürfte es sich um diffuse vaskuläre Regulationsstörung handeln, wie sie häufiger bei Gefäßkopfschmerzen zu beobachten ist. Verlaufskontrolle unter Therapie zu empfehlen."

Asymmetrie-Index

in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
-47,7	-20,0	-25,7	0
14,5	40,5	-33,3	-19,4
-36,9	-32,1	-53,5	-28,0
-11,1	2,6	3,2	9,4

Computer-Auswertung

91	78	66	65	62
0	0	0	0	0
81	66	92	93	71
1	0	0	0	0
115	100	64	76	84
0	0	0	0	0
101	113	108	116	90
0	0	0	0	0

Die mittlere Frequenz schwankt zwischen Alpha und Theta, wobei über der Frontalregion durchweg Theta-Aktivitäten zu finden sind.

Die mittleren Amplituden sind mit Werten zwischen 6,2 uV und 10,6 uV insgesamt niedrig. Innerhalb dieser Werte schwankt die topographische Verteilung sehr stark. Im Ganzen liegen jedoch niedrige Amplituden vorwiegend frontal, die hohen vorwiegend okzipital.

Mit der häufig langsamen mittleren Frequenz handelt es sich hier um eine Meßwertverteilung, die mit dem visuellen Befund einer Allgemeinveränderung gut vereinbar ist.

Vergleich beider Methoden

Die Ergebnisse beider Methoden stimmen gut überein. Hier gewinnt man durch die visuelle Beurteilung mehr Information als durch die automatische Auswertung. Allerdings kommt dies in einem wesentlichen Teil durch die Ableitmethode zustande; werden doch die bei diesem klinischen Bild zu erwartenden Veränderungen häufig erst in HV sichtbar, oder treten hierbei besonders ausgeprägt zutage. Auf eine automatische Auswertung von Hirnstromkurven in HV wurde jedoch zunächst verzichtet, um die Einführung zu zahlreicher, schwer überschaubarer Parameter zu vermeiden.

- 7) Die 49jährige Patientin R. gab an, ihre seelische Krankheit sei 1950 ausgebrochen, nachdem sie, sexuell unerfahren, zu keinem Höhepunkt gekommen sei und angenommen hatte, sexuell und seelisch unnormale zu sein. Auf diese Vorstellung versteifte sie sich derart, daß mehrere nervenärztliche Behandlungen notwendig wurden, mit zum Teil längeren stationären Aufenthalten.

Die aktuelle Krise wurde ausgelöst durch eine nervenärztliche Untersuchung, der sich Frau R. wegen eines Rentenanspruches freiwillig unterzog. Dabei kam die alte Angst, verrückt zu sein, wieder auf. Zwischenzeitlich hatte Frau R. diese Angst bewältigt, konnte aber keinerlei Belastung standhalten und keinen Beruf ausüben. Sie führte der berufstätigen Mutter den Haushalt.

Visuelle Beurteilung

"Mit 7 - 9 c/s etwas langsame, ausreichend ausgeprägte Grundtätigkeit. Gute Blockade. Amplitude bis 30 uV, rechts etwas höher als links. Spontan einstreuernd diffuse flache bis mittelhohe 6 - 7 c/s-Gruppen. Frontale Muskeleinstreuerungen. In HV keine Änderung. Unipolar etwas schlechte Blockade.

Beurteilung: Das EEG entspricht einem Grenzbefund mit langsamer Grundtätigkeit, etwas vermehrter Theta-Aktivität (leichte Allgemeinveränderung). Es ist bei einer einmaligen Aufnahme kaum zu entscheiden, ob es sich um eine konstitutionelle Eigenheit, eine Medikamentenwirkung oder andersartig verursachte Verlangsamung handelt."

Asymmetrie-Index in % der Asymmetrie

Amplitude

Frequenz

L	TL	L	TL
-77,4	22,7	19,0	-22,7
-8,5	34,1	7,7	0
-96,9	-31,1	14,2	0
100,3	109,4	-3,1	2,9

Computer-Auswertung

55	22	24	27	31
ϑ		ϑ	ϑ	ϑ
38	41	16	55	35
ϑ	ϑ	ϑ	ϑ	ϑ
63	61	43	46	32
ϑ	ϑ	ϑ	ϑ	ϑ
30	32	71	57	60
ϑ	ϑ	ϑ	ϑ	ϑ

Die Grundfrequenz liegt durchgängig im Theta-Bereich. In den beiden hinteren Querreihen steigt die Frequenz in einen Grenzbereich zu Alpha. Nur über 2 Ableitstellen (15 und 11) sind mit 10,4 c/s und 11,9 c/s eindeutige Alpha-Wellen als mittlere Frequenz nachweisbar.

Die 4 niedrigsten Amplitudenwerte finden sich in der Frontalreihe. Wellen mit dieser Amplitude tauchen auch in der Okzipitalreihe auf, wo sie über Ableitstelle 8 und 16 mit Werten von 3,2 uV und 3,0 uV die hohen Wellen verdrängen. Hohe Amplitudenwerte finden sich über den Ableitstellen 7 und 18 sowie medial und rechts in der Okzipitalreihe.

Die langsame Grundfrequenz spricht für ein EEG mit leichten bis mäßigen Allgemeinveränderungen. Die Topographie der Amplituden entspricht im Ganzen der Norm, ist aber mit den niedrigen Werten okzipital links auffällig.

Vergleich beider Methoden

Gruppierte Graphoelemente, die als "spontan einstreuend diffuse bis mittelhohe 6 -7 c/s-Gruppen" charakterisiert werden, werden als solche in der automatischen Auswertung nicht explizit erfaßt. Auffällig ist jedoch die Langsamkeit der mittleren Frequenz, die einer leichten bis mäßigen Allgemeinveränderung entspricht. Ferner tauchen verschieden hohe, diffus verteilte, jedoch insgesamt über der hinteren Schädelregion betonte Amplitudenwerte auf.

Im Ganzen entspricht das Ergebnis der Computer- Auswertung dem visuellen Befund. Um weitere Informationen - vor allem in Bezug auf eine eventuelle Medikamentenwirkung - zu gewinnen, müßten Kontrolluntersuchungen durchgeführt werden, die nach beiden Methoden auszuwerten wären.

Im einmaligen Querschnittsvergleich ist eine weitere differentialdiagnostische Klärung auch mittels der automatischen Analyse-methode nicht möglich, zumal hinreichende Erfahrungen an einem ausreichenden Material noch nicht vorliegen.

- 8) Der 40jährige Patient G. erlitt 1957 einen Auto-unfall mit der Folge einer schweren Contusio cerebri und einer verbliebenen Liquor-Nasenfistel. Seit 1960 waren Krampfanfälle aufgetreten. Anfang 1968 hatten sich die Krampfanfälle, die damals auch mit Bewußtseinsverlust auftraten, gehäuft und hatten dann nachgelassen. Im Frühjahr 1975 war Herr G. 5 Jahre anfallsfrei; er wurde aber im April nach mehreren Grand-mal Anfällen im Status epilepticus aufgenommen.

Visuelle Beurteilung

"Ausreichend ausgeprägte, mit 30 uV etwas flache Grundtätigkeit um 11 c/s. Rechts frontotemporal bis zentral überlagernde mittelhohe Deltawellen. Vereinzelt biokzipitale, rechtsbetonte Thetagruppen. In HV ab erster Minute Zunahme der langsamen Wellen, einzelne angedeutet steile Formen.

Beurteilung: Pathologisches EEG mit umschriebener langsamer Aktivität über der vorderen Schädelregion rechts. Keine Anfallsmuster."

Asymmetrie-Index in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
84,9	0	-322,6	10,3
239,2	128,4	-319,1/ - 57,7	-13,6
2,0	-9,5	-150,1/ - 1,2	-5,4
31,8	81,1	- 17,9	0

Computer-Auswertung

3.92	2.80	5.2	2.38	7.25
β	β	β	β	β
2.54	3.13	1.47	1.15	8.65
β	α	α	α	β
3.94	4.03	5.47	3.68	4.02
β	α	α	α	β
4.59	2.23	6.64	4.69	6.05
α	α	α	α	α

Die Grundfrequenz liegt überwiegend im Alpha-Bereich. In der rechten Hemisphäre finden sich frontotemporal langsame Wellen im Theta-Bereich über den Ableitungen 2, 9, 10 und 11. In der Frontalreihe überwiegen die Beta-Wellen mit Ausnahme von Ableitung 9. Beta-Wellen finden sich auch über den Ableitungen 14 und 15 als überlagernde Frequenz neben den Alpha-Wellen.

Die Verteilung der mittleren Amplituden schwankt sehr stark. Eine Gruppe hoher Amplituden findet sich frontomedial rechts (2, 9, 10 und 18), die niedrigen Amplituden liegen vorwiegend in der linken Hemisphäre.

Pathologisches EEG mit stark schwankenden Amplituden und Frequenzen. Frontomedial rechts umschriebene Zone langsamer Wellen vom Theta-Typ mit hoher Amplitude.

Vergleich beider Methoden

Beide Methoden stimmen gut überein. Dies vor allem im Hinblick auf Topographie, Frequenz und Amplitude der mit beiden Methoden dargestellten Aktivität langsamer Wellen, die einen Herdbefund darstellt.

Die visuelle Auswertung beurteilt darüber hinaus noch Wellenformen (in diesem Falle nur in HV "einzelne angedeutet steile Formen").

Dieser, der visuellen Auswertung zugängliche Aspekt der Wellenform kann mit der hier verwendeten Methode nicht erfaßt werden. Der vorliegende Befund zeigt jedoch, daß lokale Anomalien der Amplitudenverteilung praktisch bedeutsam sein können.

9) Herr D. wird am 3.4.1941 mit einem beidseitigen Buphthalmus völlig blind geboren. Die Elliot'sche Operation, die im Alter von 6 Jahren durchgeführt wird, bringt ihm 5/10 Sehvermögen. 1950 trifft ihn ein Stein in das linke Auge; eine Blutung in die linke Augenhinterkammer macht ihn links total blind.

1964 erleidet er einen Glaukomanfall, der durch eine Zyklodiathermiepunktur kupiert wird. Seither erlebt Herr D. alle 6 Wochen eine "Druckspitze", die er durch Einnahme von Diamox retard selbst reguliert.

Am 5.1.1973 stürzt Herr D. eine Treppe hinunter, wobei er sich einen Schädelbasisbruch und ein subdurales Hämatom zuzieht. Bei der Operation in einer Neurochirurgischen Universitätsklinik wird außerdem eine Contusio cerebri frontal festgestellt.

Nach dem Zufallsbefund von 4 Magengeschwüren wird eine Operation nach Billroth II durchgeführt, in deren Gefolge der Patient 3 Wochen ohne Bewußtsein ist. Danach besteht über längere Zeit hinweg ein schweres hirnorganisches Syndrom; der Patient ist anfangs verwirrt, später stellt sich ein Korsakow-Syndrom ein, die Beine sind spastisch gelähmt.

Kurze Zeit nach seiner Entlassung schließt sich Herr D. in seiner Wohnung ein, hält keinen Kontakt mehr zu anderen Menschen und verunreinigt seine Wohnung. Der Kotgeruch stört ihn nicht, da der Geruchssinn seit dem Treppensturz gestört ist.

In diesem Zustand lebt der Patient über ein halbes Jahr bis zur Aufnahme in unsere Klinik.

Visuelle Beurteilung

"Reichlich ausgeprägte, jedoch frequenzlabile und unregelmäßige Grundtätigkeit um 9 - 10 c/s.

Rechts frontal bis zentral, gelegentlich nach links streuend relativ rasche steile Wellen, deutlichere Betarhythmen und Thetaaktivität. Auch in temporalen Ableitungen Reizzeichen rechts vorn.

Beurteilung: Pathologisches EEG mit Herdzeichen rechts vorn."

Asymmetrie-Index

in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
34,0	108,9	-1,4	-1,2
119,5	98,8	9,6	-2,9
20,9	-45,5	-5,4	-13,2
34,5	-1,0	-2,6	-14,0

Computer-Auswertung

9,6	5,2	4,8	10,8	12,8
λ 13	λ 5	λ 17	λ 1	λ 9
8,9	12,2	14,4	24,2	19,1
λ 14	λ 6	λ 18	λ 2	λ 10
10,2	11,1	18,7	11,8	12,3
λ 15	λ 7	λ 19	λ 3	λ 11
7,8	12,5	12,7	12,4	3,1
λ 16	λ 8	λ 20	λ 4	λ 12

Die maschinelle Auswertung zeigt eine mittlere Frequenz im Alphabereich um 8 bis 9 c/s, die frontal (Ableitstelle 1, 5 und 17) sowie über den Kanälen 11 und 18 im Grenzbereich zu Theta liegen. Die mittlere Ableitung frontal (17) weist noch eine zweite langsame überlagernde Frequenz von 1,7 c/s auf.

Die niedrigsten mittleren Amplituden liegen frontal (Ableitung 5, 13 und 17) sowie okzipital/temporal (Ableitung 12 und 16). Die Maxima liegen medial (7 und 19) sowie medial-rechts (2 und 10). Frontal rechts liegen die Amplituden über Position 1 und 9 mit 10,8 uV und 12,8 uV deutlich höher als in der übrigen Frontalreihe.

Der gut umschriebene Bereich hoher Amplituden fronto-medial rechts korreliert mit den in der visuellen Auswertung beschriebenen "Reizzeichen". Sie charakterisieren ein pathologisches EEG.

Vergleich beider Methoden

Die Ergebnisse beider Methoden stimmen gut überein. Dies erstaunt umso mehr, als verschiedene Kriterien zugrunde liegen.

So kommt der Autor der visuellen Auswertung zu dem Ergebnis "Herdzeichen rechts vorn", weil er zeitliche und Formeigenschaften ("relativ rasche steile Wellen, deutliche Betarhythmen und Thetaaktivität") beurteilt. Diese werden aus methodischen Gründen in der automatischen Methode nicht erfaßt. Lediglich frontal in der Mitte (Ableitung 17) wurde eine zweite, allerdings langsame Frequenz im Delta-Bereich (1,7 c/s) aufsummiert. Ebenfalls methodisch bedingt kann maschinell eine Frequenzlabilität oder Unregelmäßigkeit der Grundtätigkeit nicht festgestellt werden, wie sie visuell beschrieben wird. Im Gegensatz dazu stellt sich in der Computer-Auswertung eine gleichmäßige Verteilung der mittleren Frequenz vom Alpha-Typ mit Schwankungen von 6,9 c/s (17) bis 8,9 c/s (2 und 5) über allen Regionen dar.

Das Ergebnis der automatischen Auswertung ist im Hinblick auf die Verteilung der mittleren Amplituden von Interesse.

Die topographische Verteilung der hohen Amplituden stimmt überein mit derjenigen Region, die in der visuellen Beurteilung als "Rechts frontal bis zentral, gelegentlich nach links streuend relativ rasche steile Wellen,..." beschrieben ist.

10) Herr K. machte im Alter von 3 Jahren nach einer bis dahin unauffälligen Entwicklung eine tuberkulöse Meningitis in zeitlichem Zusammenhang mit einer Pocken-Erstimpfung durch. 2 Jahre später begannen generalisierte Krampfanfälle mit einer Anfallsfrequenz von anfangs täglich bis zweitäglich, später etwa einmal im Monat.

Herr K. erhält Antiepileptika, z.Z. 4 x 1 Tablette Zentropil pro Tag.

Außer einer Anisokorie (die linke Pupille ist größer und reagiert stärker auf Licht und Konvergenz als die rechte) ist der neurologische Status unauffällig. Es besteht ein IQ von 79.

Visuelle Beurteilung

"Es dominiert eine teils rechts betonte, teils bilaterale langsame Aktivität, meist im Delta-Bereich. Grundtätigkeit flacher, spärlich, im raschen Alpha - Beta -Bereich. Später mehr intermittierende Delta Gruppen.

Beurteilung: deutlich pathologisches EEG mit Allgemeinveränderungen und für rechts sprechende Seitendifferenzen."

Asymmetrie-Index in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
6,7	48,5	20,5	-2,0
45,4	73,4	-16,0	-6,9
-7,0	-42,1	64,3	1,0
2,7	48,3	-16,8	11,5

Computer-Auswertung

9.69 δ 13	8.34 δ 13	9.69 δ 17	9.42 δ 17	10.34 δ 9
9.21 δ 1	9.21 δ 7	7.18 δ 18	15.97 δ 2	7.56 δ 10
7.02 δ 15	7.12 δ 15	7.59 δ 19	8.46 δ 3	6.75 δ 11
9.18 δ 16	6.95 δ 3	8.39 δ 20	10.31 δ 4	9.43 δ 12

Die Grundfrequenz liegt durchgängig im unteren Delta-Bereich mit 0,52 c/s über Ableitung 8 bis 3,9 c/s über Ableitung 18, wo eine mittlere Frequenz im Theta-Bereich besteht.

Bei insgesamt niedrigen Amplitudenwerten stellt sich eine Verteilung der mittleren Amplituden dar, bei der die niedrigen Werte insgesamt links liegen, (5, 8, 14, 15), die hohen Werte rechts - medial (2, 4, 8, 17 und 18). Dabei schwanken die Werte zweier nebeneinanderliegender Ableitstellen zum Teil erheblich.

Die langsame mittlere Frequenz im Delta-Bereich und die Amplitudenverteilung charakterisieren ein pathologisches EEG mit Seitendifferenzen bei Rechtsbetonung der Anomalien.

Vergleich beider Methoden

Beide Methoden stimmen gut überein. Zwar wird in der visuellen Beurteilung von einer Grundtätigkeit im Alpha- und Beta-Bereich gesprochen, eine Dominanz des Delta-Bereichs wird jedoch auch hier festgestellt.

Auch hier zeigt sich wieder, daß Abweichungen von der Stationarität (intermittierende Wellengruppen) mit dieser automatischen Methode nicht als solche erfaßt werden können. Entscheidend ist hier jedoch, daß Allgemeinveränderungen und Seitendifferenz deutlich zum Ausdruck kommen.

- 11) Die 48jährige Patientin O. wurde 1971 an einem Carcinoma colli uteri operiert.

Im Juni 1973 traten Kopfschmerzen, Gleichgewichtsstörungen, Sprachschwierigkeiten und allgemeine Konzentrationsschwäche auf. Szintigraphisch konnten links hochparietal und links parietal tiefer gelegen zwei raumfordernde intrakranielle Prozesse nachgewiesen werden, die einer Strahlentherapie unterzogen wurden. Neurologisch fand sich eine latente armbetonte Hemiparese rechts, gesteigerte Eigenreflexe rechts sowie eine brachiofaziale Hemihypästhesie rechts. Es bestanden erhebliche Wortfindungsstörungen, Alexie, Akalkulie und Agraphie. Diese Symptomatik bildete sich unter einer Decadron-Behandlung zurück.

1975 mußte aufgrund eines nachgewiesenen Tumorstwachstums eine erneute ZNS-Bestrahlung durchgeführt werden. Die oben beschriebenen neurologischen Befunde waren erneut aufgetreten, aber nach Abschluß der Strahlentherapie unter Gabe von Dexamethason zurückgegangen.

Visuelle Beurteilung

"Rechtsseitig ausreichend bis reichlich ausgeprägte Grundtätigkeit um 9 - 10 c/s, bis 50 uV. Links Alpha-Tätigkeit deutlich spärlicher, mit 8 - 10 c/s langsamer. Daneben überlagernd über der gesamten linken Hemisphäre, jedoch deutlich in den paramedianen Ableitungen kontinuierlich langsame Wellen aus dem Theta/Deltabereich. Links frontal sehr langsame Delta-Schwankungen und Subdeltawellen. In den temporalen Längsreihen ähnlicher Befund, bei Ableitungen über der Mittellinie geringere Auffälligkeiten (keine Ausbreitung zur Gegenseite). In HV keine wesentliche Aktivierung.

Beurteilung: Deutlich pathologisches EEG mit Verlangsamungstendenz über der gesamten linken Hemisphäre bei bester Projektion frontal und temporal vorn."

Asymmetrie-Index in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
-123,5	-237,3	2876,6	105,2
-40,4	-23,2	2339,0	421,0
-72,3	-72,3	36,1	38,3
-34,1	-22,2	12,5	21,7

Computer-Auswertung

15,2 s δ ₁₃	17,2 δ ₅	2,1 γ ₁₇	5,1 δ ₇	8,5 γ ₁₇
12,3 s δ ₁₄	10,1 δ ₆	9,2 γ ₁₈	7,2 γ ₂	8,4 γ ₁₉
21,8 δ ₁₅	20,3 γ ₁	11,6 γ ₁₉	11,8 γ ₃	12,5 γ ₁₁
11,8 γ ₁₀	11,0 γ ₈	12,5 γ ₂₀	9,0 γ ₄	8,8 γ ₁₂

Die Grundfrequenz liegt überwiegend im Alpha-Bereich. In der linken Hemisphäre sind über der vorderen Schädelregion Delta-Wellen (Ableitung 1, 5 und 6) und Subdeltawellen (Ableitung 13 und 14) nachzuweisen.

Die mittlere Amplitude wechselt über den verschiedenen Ableitstellen stark, wobei die höheren Amplituden insgesamt links, die niedrigen vorwiegend rechts lokalisiert sind.

Es zeigt sich hier ein pathologisches EEG mit einer umschriebenen Zone langsamer Wellen im Delta- und Subdeltabereich frontal links sowie einer lokalen Amplitudenzunahme links parietotemporal ("Herdbefund") (5,7,13,14 u.15). Über der rechten Schädelhälfte ist die Frequenz durchweg höher, meist im Alpha-Bereich, links besteht eine deutliche Verlangsamung, vor allem über der vorderen Region.

Vergleich beider Methoden

Beide Methoden stimmen gut überein. Mit der maschinellen Auswertung läßt sich jedoch das Zentrum der visuell beschriebenen "...Verlangsamungstendenz über der gesamten linken Hemisphäre..." auf einen umschriebenen Bereich frontal links eingrenzen.

Diese scharfe Begrenzung auf Ableitstellen (5, 6, 13 und 14) deutet auf einen pathologischen Prozeß in dieser Region hin. Diese vier Ableitstellen weisen extrem hohe Asymmetrieindizes auf, besonders die mittlere Frequenz über den Ableitungen 5, 6 1 und 2.

- 12) Die imbezille 43jährige Patientin J. verbrachte ihre Kindheit in asozialen Verhältnissen; ein normaler Schulbesuch war aufgrund der intellektuellen Fähigkeiten nicht möglich.

Im Alter von 9 Jahren wurde eine Lues festgestellt, die in vier Kuren stationär behandelt wurde.

Danach wurde die Patientin als geheilt entlassen.

Seit ihrem 15. Lebensjahr befand sich Frau J. ununterbrochen in einem psychiatrischen Krankenhaus. Die erheblich schwachsinnige Patientin ist "willig, ruhig und leicht lenkbar".

Es treten jedoch plötzliche Verstimmungen und Erregungszustände auf.

Im Juli 1974 wurde Frau J. nach heftigen Kopfschmerzen für kurze Zeit bewußtlos. Am 23.4.1975 trat erstmals ein generalisierter tonisch-klonischer Anfall auf. Danach wurden keine Anfälle mehr beobachtet.

Der aufgrund des Routine-EEGs ausgesprochene Verdacht einer hirnorganischen Affektion im Bereich der linken Hemisphäre soll diagnostisch abgeklärt werden, was zur hiesigen Krankenhaus-Aufnahme führt.

Visuelle Beurteilung

"Unmittelbar zu Beginn der Ableitung findet sich eine hochgespannte, generalisierte, stark synchrone 10 c/s-Aktivität um 150 - 200 uV, links etwas regelmäßiger und konstanter als rechts, meist in Gruppen bis Serien auftretend. Zwischenzeitlich Kurvenabflachung mit vorwiegend rascher, diffuser Aktivität im Beta-Bereich, dabei konstant linksseitig höhere Amplituden und eingestreute gruppierte Elemente. Langsame Wellen, relativ spärlich eingestreut, meist diffus oder alternierend mit wechselnder Lokalisation. Bei Augenöffnen keine wesentliche Änderung der Kurve, jedoch keine hypersynchronen Gruppen. In HV keine wesentlichen Änderungen.

Beurteilung: Stark pathologisches EEG mit sehr auffälliger Synchronisationsneigung und Seitendifferenzen. Wohl von der linken Hemisphäre ausgehendes zerebrales Reizsyndrom."

Asymmetrie-Index

in % der Asymmetrie

Amplitude

Frequenz

L	TL	L	TL
-51,1	-134,8	-4,5	-14,9
-33,3	-34,8	-4,2	-13,6
-14,5	-84,5	-17,4	-42,1
-82,1	-72,4	-8,7	-25,0

Computer - Auswertung

36.3	62.7	32.1	26.7	34.3
λ 2	λ 5	λ 17	λ 1	λ 19
24.2	26.7	34.7	19.8	17.4
λ 10	λ 15	λ 18	λ 7	λ 16
11.4	28.8	24.7	15.5	17.2
λ 15	λ	λ 10	λ 1	λ 17
14	15.0	7.7	7.7	7.7
λ 17	λ 10	λ 20	λ 4	λ 12

Die Computer- Auswertung zeigt eine mittlere Frequenz im Alpha-Bereich, die über allen Ableitungen vorliegt. Daneben finden sich diffus verstreut langsame überlagernde Wellen im Theta-Bereich (Ableitungen 3, 8, 13, 14, 16, 18, 19, 20), sowie im Delta-Bereich (9 und 10).

Die Amplitudenverteilung ergibt ein deutlich von der Norm abweichendes Bild mit hohen Amplituden frontal (Max. 62,5 uV über Ableitung 5) und niedrigen okzipital (Min. 7,7 uV über Ableitung 20). Linksseitig sind die Amplituden durchweg höher als rechts, vor allem in der paramedianen Längsreihe.

Die Topographie der Amplituden sowie die stärkere Beteiligung langsamer Wellen charakterisieren ein abnormes EEG.

Vergleich beider Methoden

Da mit der vorliegenden Methode in erster Linie die "mittlere Frequenz" erfaßt wird, ergeben sich hinsichtlich der Frequenzverteilung keine wesentlichen Normabweichungen. Visuell wurde hingegen eindeutig ein pathologisches EEG befundet. Zwar konnte in einigen Ableitungen noch eine zweite, langsamere Frequenz herausgemittelt werden. Die Bewertung einer zweiten unterlagernden Frequenz in der Summenkurve ist jedoch schwierig und ungenauer, so daß man sie nur dann berücksichtigen wird, wenn sie, wie im vorliegenden Fall, relativ konstant über verschiedenen Regionen auftritt.

Es zeigt sich hier, daß bestimmte Zeitbereichseigenschaften des EEG (Auftreten von Gruppen, Serien, spezielle Wellenformen) durch die Berechnung einer "mittleren Frequenz" nicht ausreichend erfaßt werden können, so daß sich die visuelle Auswertung bei Auftreten besonderer zeitlicher Strukturen dieser Methode als überlegen erweist.

Dagegen sind die bereits visuell erkennbaren pathologischen Amplitudenverteilungen topographisch genau erfaßt, mit hohen Amplituden bis zu 62,7 uV frontal und niedrigen bis 7,7 uV okzipital. Dabei sind linksseitig durchweg höhere Amplituden als rechts nachzuweisen, was auch in der visuellen Beurteilung beschrieben ist.

- 13) Die 90jährige alleinstehende Patientin W. fiel ihren Nachbarn dadurch auf, daß sie ihren Haushalt bis zur Verwahrlosung vernachlässigte. Auch der physische Zustand verschlechterte sich rapide; Frau W. nahm nur noch in unregelmäßigen Abständen Nahrung zu sich und vernachlässigte die Körperpflege.

Bei der Aufnahme war Frau W. zeitlich und örtlich nicht orientiert. Es bestand eine Akalkulie. Neurologisch fand sich eine Fazialisschwäche rechts.

Diagnose: Hirnatrophischer Prozeß

Visuelle Beurteilung

"Mäßig ausgeprägte, frequenzlabile Grundtätigkeit um 7 - 9 c/s, rechts deutlicher als links. Überlagernde rasche Komponenten. Auch einzelne Delta-Wellen, insbesondere über den temporalen Ableitungen. In HV keine wesentliche Änderung. Auch danach persistierende Anomalien.

Beurteilung: Weiterhin pathologisches EEG mit Seitendifferenzen (rechts langsamer, links flacher). Im Vergleich zum Vorbefund vom 30.1.1975 ist die Verlangsamungstendenz jedoch etwas geringer, insofern leichte Besserung."

Asymmetrie-Index in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
-14,5	-22,0	-5,5	-0,9
67,1	-2,5	380,0	227,1
223,1	73,3	0/ 444,4	-24,3/ 470,1
115	45,4	-20,0/ 352,7	3,0/ 131,1

Computer-Auswertung

8,7 δ 13	8,8 δ 5	6,6 δ 17	6,8 δ 1	7,6 δ 9
7,3 δ 14	8,3 δ 6	6,4 δ 18	8,1 δ 2	11,2 δ 10
2,5 δ 15	4,5 δ 7	6,2 δ 19	7,8 δ 3	8,4 δ 11
2,0 δ 16	3,2 δ 8	2,9 δ 20	4,8 δ 4	4,3 δ 12

Die Frequenz liegt überwiegend im Delta-Bereich, über der mittleren Schädelregion finden sich auch Theta-Wellen. In der Okzipitalreihe sind, mit Ausnahme von Ableitung 20, Alpha-Wellen nachzuweisen. Okzipital links kam über den Ableitstellen 7, 8, 15 und 16 jeweils noch eine zweite mittlere Frequenz im Delta-Bereich zur Darstellung.

Die Amplitudenverteilung zeigt frontal links (5, 6, 13) und temporal rechts (10 und 11) je eine Zone hoher, okzipital links (7, 8, 14, 15, 20) eine Gruppe niedriger Amplituden. Im Ganzen sind die höheren Amplituden frontal, die niedrigen okzipital zu finden, die höheren über der rechten, die niedrigeren über der linken Hemisphäre.

Vergleich beider Methoden

Beide Methoden weichen etwas voneinander ab. Mit der automatischen Auswertung ist die visuell befundete "mäßig ausgeprägte, frequenzlabile Grundtätigkeit um 7 - 9 c/s" nur über der hinteren Schädelregion nachweisbar, während über der vorderen Schädelhälfte langsamere Frequenzen überwiegend im Delta-Bereich zur Darstellung kommen.

Die Verteilung der Amplituden zeigt, wie bereits visuell befundet, rechts höhere Amplituden als links. Darüber hinaus stellt sich aber auch eine Umkehr des normalerweise zu erwartenden Verteilungsmusters dar, mit hohen Amplituden frontal und niedrigen okzipital. Diese Normabweichung in der automatischen Analyse entspricht einer zusätzlichen, über den visuellen Befund hinausgehenden Information.

14) Frau K. wurde 1969 an einem Keilbeinmeningeom links operiert. 4 Monate nach der Operation erlitt sie zwei epileptische Anfälle, die mit 3 x 1 Tbl. Zentropil behandelt wurden.

Seit 1972 litt sie an Trigeminiusschmerzen, die wechselnd rechts und links auftraten; in der Zeit vor der Aufnahme betrafen sie vor allem den Bereich des 2. und 3. Astes.

Seit der Operation 1963 verschlechterte sich die Sehkraft des linken Auges, bis 1973 eine totale Amaurose mit Pupillenstarre vorlag. Am linken Auge bestand darüber hinaus eine ausgeprägte Protrusio bulbi mit Abweichungen des Bulbus nach links unten.

Seit Mitte Dezember 1974 konnte Frau K. weder sitzen, stehen noch gehen, ohne sofort das Gleichgewicht zu verlieren. Anfang 1975 wurde Frau K. aus dem städtischen Krankenhaus Darmstadt zu uns überwiesen.

Diagnose: Rezidiv eines Keilbeinmeningeoms

Visuelle Beurteilung

"Seitendifferentes EEG mit rechtsseitig flachen Amplituden, links deutlicher diffus überlagernde Thetaaktivität, zentrale Betawellen. Grundtätigkeit im Alphabereich nur spärlich, links temporal hinten. In den temporalen Langserien im wesentlichen unveränderter Befund. In HV ab 1. Minute etwas deutlichere mittelmäßige Thetaaktivität links temporal vorn bis Mitte, auch sporadisch Deltakomponenten.

Beurteilung: Bereits abnormes EEG mit spärlicher Grundtätigkeit und seitendifferenten Amplituden: Verlangsamungstendenz über der gesamten linken Hemisphäre. Anfallsmuster oder umschriebene Herdzeichen finden sich nicht, insofern kein Hinweis auf eine gesteigerte Anfallsbereitschaft."

Asymmetrie-Index in % der Asymmetrie

Amplitude		Frequenz	
L	TL	L	TL
-1,4	-54,1	-3,1/ 636,0	284,2/ -4,7
-35,3	18,9	6,1	7,1/0
53,1	25,0	3,1	179,0
-212,0	156,7	173/ 216,7	33,3/ 0,1

Computer-Auswertung

6,9	13,1	9,1	8,6	6,4
α 13	β 14	β 17	β 7	β 9
6,9	5,8	5,5	6,9	5,1
α 14	β 6	β 18	β 2	β 10
4,7	6,0	5,5	7,5	7,5
α 15	β 1	α 19	β 3	β 11
4	7,1	2,4	3,0	2,5
α 16	β 8	β 20	β 4	β 12

Die automatische Auswertung zeigt eine stark wechselnde Grundfrequenz, jedoch überwiegend im Alpha-Bereich. In der Frontalreihe liegt die mittlere Frequenz, mit Ausnahme der Ableitung 13, im Theta-Bereich; auch über den Ableitstellen 3, 7, 10 und 11 besteht eine Theta-Frequenz. In der Frontalreihe liegen langsame überlagernde Wellen im Delta-Bereich vor, in der 2. und 4. Querreihe eine schnelle überlagernde Frequenz im Beta-Bereich.

Die hohen Amplituden finden sich fronto-medial (1,5,17 u.18), sowie okzipital links (8 und 16).

Die niedrigen Amplituden sind okzipital rechts (4, 12 und 20) sowie präokzipital links und medial (Ableitung 15 und 19) lokalisiert.

Abnormes EEG mit stark schwankender, frontal und rechts verlangsamter Grundtätigkeit. Frontal links und okzipital rechts abnorme Amplitudenverhältnisse.

Vergleich beider Methoden

Beide Methoden stimmen im Wesentlichen überein, wenn auch die visuell beschriebene "Verlangsamungstendenz über der gesamten linken Hemisphäre" in der automatischen Auswertung nicht durchgängig zur Darstellung kommt. Hier zeigt sich eher ein uncharakteristisches Gemisch langsamer und rascher Frequenzen, die zum Teil aus sich überlagernden Wellen bestehen.

Dies könnte als allgemeine Funktionsbeeinträchtigung interpretiert werden, was aufgrund der visuellen Beurteilung nicht erkennbar ist.

4. Zusammenfassung der Ergebnisse

Mit dem vorliegenden Patientengut erhielten wir, ausgehend von der visuellen Beurteilung der EEGs, folgende Ergebnisse:

1. Gruppe: Normale EEGs vom Alpha-Typ

Zum Vergleich liegen 3 EEGs vor, von denen eines eine Übereinstimmung beider Methoden bietet. Dieses EEG (Nr. 1) hat über allen Ableitstellen eine Frequenz im Alpha-Bereich. Die Amplituden sind okzipital höher als frontal, Seitendifferenzen lassen sich auch unter Zuhilfenahme des Asymmetrie-Index nicht nachweisen.

Beim 2. EEG dieser Gruppe (Nr. 2) besteht eine leichte Abweichung beider Methoden.

Hier ergibt sich durch die automatische Auswertung eine zusätzliche Information, die mit der visuellen Beurteilung: "Normales EEG vom Alpha-Typ" nicht mehr voll übereinstimmt. Es finden sich lokale Seitendifferenzen okzipital mit einem Index über 50 %, die visuell nicht hinreichend erfaßbar waren.

Auch beim 3. EEG dieser Gruppe (Nr. 3) ergeben sich Abweichungen. In der visuellen Beurteilung wird davon gesprochen, daß "intermittierend Alpha-Minderung, flache Theta-Wellen" vorhanden seien. Dies kommt in der automatischen Auswertung nicht zum Ausdruck. Dagegen stellen sich hier Seitendifferenzen über der hinteren Schädelregion mit links deutlich höheren Amplituden dar.

Auffälligkeiten der beschriebenen Art stellen zunächst isolierte Laborbefunde dar, die daraufhin zu prüfen sind, ob unter Berücksichtigung der Ableitetechnik (Artefakte!) und des klinischen Gesamtzusammenhangs eine nähere Klärung anzustreben ist. Die erste Maßnahme wird eine Kontrollaufnahme unter vergleichbaren Bedingungen sein. Bleibt in einem visuell als im Normbereich befindlich zu beschreibenden EEG der Befund einer auffälligen Asymmetrie bei quantitativer Auswertung auch nach Kontrolle bestehen,

wird zu prüfen sein, ob ihm im klinischen Zusammenhang eine Bedeutung zukommen könnte. Hier zeigt sich, daß quantitative Methoden der EEG-Analyse auch bei sogenannten Normalbefunden eine Weiterführung der Diagnostik bewirken können.

2. Gruppe: "Flache Normvarianten"

Die 2. Gruppe umfaßt 2 EEGs, die in der visuellen Beurteilung als "flache Normvarianten" imponieren.

Die Ergebnisse der automatischen Analyse des ersten EEG dieser Gruppe sind weitgehend als Zufallsschwankungen bei ungünstigem Signal/Rauschverhältnis zu interpretieren. Im Vergleich der Methoden sind deshalb die Unterschiede beider Ergebnisse nicht zu verwerten.

Auch beim 2. EEG dieser Gruppe (Nr. 5) kommen beide Methoden rein numerisch zu unterschiedlichen Ergebnissen. Visuell wird eine "flache Normvariante mit spärlicher Grundtätigkeit" beurteilt. Automatisch stellt sich dagegen ein EEG mit Seitendifferenzen dar, das links höhere Amplituden aufweist als rechts. Auch hier ist zu beachten, daß extrem niedrige Aktivitäten zu einer zum Teil zufälligen Verteilung der Meßergebnisse führen. Aus diesem Grunde scheint die Methode zur Analyse flacher Normvarianten oder pathologischer Abflachungen sowie des Ia-Schlafstadiums wenig geeignet.

Die 3. Gruppe umfaßt 2 EEGs mit leichten Allgemeinveränderungen. Hier ergibt sich beim EEG Nr. 6 eine gute Übereinstimmung beider Methoden. In beiden Fällen wird eine starke Schwankung von Frequenz und Amplitude bei verlangsamter Grundfrequenz beschrieben. Dies kann zwar mit der automatischen Methode topographisch genauer festgelegt werden, was jedoch im vorliegenden Falle für die Beurteilung des EEG nicht entscheidend ist, da der Allgemeinveränderung die größere Bedeutung zukommt.

Auch beim 2. EEG (Nr. 7) kommen beide Methoden im Wesentlichen zum gleichen Ergebnis. Wenn auch die automatische

Auswertung , neben der in beiden Methoden dargestellten langsamen Grundfrequenz, eine Amplitudenverteilung zeigt, die mit niedrigen Werten okzipital nicht ganz dem normalerweise zu erwartenden Verteilungstyp entspricht, so kann man in diesem Fall dennoch nicht von einem unterschiedlichen Ergebnis beider Methoden sprechen. Dies vor allem deshalb, weil man mit einer einmaligen Aufnahme weder mit der visuellen Beurteilung noch durch die automatische Auswertung auf eine organische oder eine medikamentöse Ursache der Allgemeinveränderung schließen kann.

Die 4. Gruppe besteht aus 2 EEGs, die visuell Herdbefunde aufweisen.

Hier zeigt sich beim 1. EEG (Nr. 8) eine gute Übereinstimmung beider Methoden im Sinne einer lokalen Verlangsamungstendenz über der vorderen rechten Schädelregion. Da in diesem Falle von der klinischen Fragestellung her jedoch eventuell vorhandene Krampfpotentiale beurteilt werden müssen, bringt die visuelle Beurteilung eine zusätzliche, der automatischen Methode nicht zugängliche Information.

Auch für das 2. EEG dieser Gruppe (Nr. 9) ergibt sich eine gute Übereinstimmung, obwohl hier in der visuellen Beurteilung von Eigenschaften der Frequenz ausgegangen wird, in der automatischen Analyse von der Verteilung der Amplituden. Dennoch kommen beide Methoden zum gleichen Ergebnis, weil die visuell als "relativ rasche steile Wellen" beschriebenen Kurventeile topographisch mit dem Ort der hohen Amplituden, wie sie automatisch dargestellt werden, übereinstimmen.

Die letzte Gruppe setzt sich zusammen aus 5 EEGs, bei denen visuell Seitendifferenzen erkennbar waren.

Es ergibt sich hier beim ersten EEG (Nr. 10) eine gute Übereinstimmung beider Methoden, die beide

über der rechten Schädelhälfte höhere Amplituden darstellen. Auch kommt die ausgeprägte EEG-Verlangsamung gut zur Darstellung.

Auch beim 2. EEG dieser Gruppe (Nr.11) bestehen keine Differenzen beider Methoden. Die automatische Analyse gibt aber eine zusätzliche Information, die das Zentrum der Frequenzverlangsamung über der vorderen Schädelhälfte links ausweist. Die Lokalisation der stärksten Amplitudenaktivierung entspricht der radiologisch nachgewiesenen Tumorlokalisation.

Auch beim folgenden EEG (Nr.12) kommen beide Methoden zum gleichen Ergebnis. Visuell wurde hier aufgrund "sehr auffälliger Synchronisationsneigung" sowie von Gruppen eingestreuter langsamer Wellen auch von Einstreuerungen im Beta-Bereich ein pathologisches EEG befundet. Methodisch bedingt kommen diese Frequenzeigenschaften in der automatischen Analyse nicht zur Darstellung. Lediglich in einigen Ableitungen kommt eine zweite überlagernde Frequenz zur Darstellung, die topographisch jedoch, mit Ausnahme der rechten Okzipitalregion, über dem gesamten Analysebereich zu finden ist. Die dennoch gute Übereinstimmung beider Methoden rührt aus der auch visuell beschriebenen pathologischen Amplitudenverteilung, die mit links höheren Amplitudenwerten eine deutliche Seitendifferenz zeigt. Die visuelle Beurteilung erweist sich hier durch die bessere Erfassung der sehr speziellen synchronisierten Muster als überlegen.

Die Ergebnisse beider Methoden stimmen beim folgenden EEG (Nr.13) nicht ganz überein. Abweichungen ergeben sich für die Verteilung der Frequenz, die, vor allem frontal, bis in den Delta-Bereich herabreichen, wie die Computer-Analyse zeigt. Visuell wird dagegen nur von einer "mäßig ausgeprägten, frequenzlabilen Grundtätigkeit um 7-9 c/s" und "einzelnen Delta-Wellen, insbesondere über den temporalen Ableitungen" gesprochen.

Für die Amplitudenverteilung ergibt sich Übereinstimmung für die Seitendifferenz mit rechts höheren

Amplitudenwerten als links. Automatisch zeigt sich aber darüberhinaus noch in zweiter Hinsicht eine dem normalen Verteilungstyp entgegengesetzte Amplitudenverteilung mit frontal hohen, okzipital niedrigen Amplituden. Die automatische Analyse erweist sich hier als überlegen.

Weitere Untersuchungen müßten zeigen, ob bei hirn-atrophischen Prozessen eine Veränderung der räumlichen Amplitudenverteilung - neben der bekannten Frequenz-verlangsamung - als charakteristisch gelten kann.

Auch beim folgenden EEG stimmen die Ergebnisse nicht ganz überein. Es zeigt sich hier, daß visuell lediglich eine "Verlangsamungstendenz über der gesamten linken Hemisphäre" erfaßt wird, während in der Computermethode generalisierte Frequenzabweichungen zur Darstellung kommen. Die beschriebene Verlangsamungstendenz und Frequenzlabilität drückt sich am ehesten dadurch aus, daß über mehreren Ableitungsstellen zwei Frequenzen dargestellt werden.

5. Diskussion

5.1. Zur Methode

a) Vergleich mit anderen Methoden der automatischen EEG-Analyse

Die hier verwendete Methode bietet die Möglichkeit, in einem Arbeitsgang zu einer Aussage über Frequenz- und Amplitudenverhalten des EEG zu kommen, wobei der Vorteil relativer Einfachheit insbesondere im Hinblick auf die Ausrüstung kleinerer Laboratorien nicht zu vernachlässigen ist. Es sollen nun andere Biosignalverarbeitungsmethoden, die in der EEG-Analyse Anwendung gefunden haben und vergleichbare Parameter messen, kurz vergleichend besprochen werden. Zur Erfassung der Amplitudeneigenschaften des EEG sind die Amplitudenhistogrammographie sowie die Amplitudenspektralanalyse DROHOCKIs zu erwähnen.⁹⁾

Bei der Amplitudenhistogrammographie wird die statistische Verteilungsfunktion der EEG-Amplituden als Häufigkeitskurve dargestellt, deren Standardabweichung um so größer ist, je höher die durchschnittlichen Amplituden des EEG sind. Auch höhere Potenzmomente des Amplitudenhistogramms können von Interesse sein, da Abweichungen der Amplitudenverteilungsfunktion von der Normalverteilung etwa im Schlaf, auch unter pathologischen Bedingungen oder pharmakologischen Einflüssen auftreten können.¹⁰⁾ Die Amplitudenhistogrammographie gibt jedoch definitionsgemäß nur Auskunft über die Amplitudenverteilung, während die Frequenzstruktur des EEG unberücksichtigt bleibt und durch eine andere Methode bestimmt werden muß.

Das gleiche gilt auch für die Amplitudenspektren DROHOCKIs. Diese unterscheiden sich von der Amplitudenhistogrammographie durch die wesentlich höhere Klassenbreite der in geringerer Anzahl verwendeten Amplitudenklassen. Auch mit dieser Methode wurden eine Reihe klinischer Probleme

untersucht, (neben DROMOCKI insbesondere GOLDSTEIN et al.) ¹¹⁾, sie ist jedoch nach meiner Auffassung statistisch weniger gut fundiert als die Amplitudenhistographie und setzt eine spezielle, nur für diesen Zweck brauchbare Apparatur voraus. Auf eine Frequenzanalyse wird hier ebenfalls verzichtet. Eine Übersicht über die historische Entwicklung der Amplitudenintegration und ihre wichtigsten Anwendungen gibt GOLDSTEIN 1975 ¹²⁾.

Im Gegensatz zu den vorgenannten Methoden verzichtet die Intervallhistographie auf jegliche Amplitudeninformation; sie liefert Informationen im Zeitbereich, wobei die Verteilungsfunktion von Zeitintervallen zwischen benachbarten EEG-"Ereignissen" dargestellt wird ¹³⁾. Am häufigsten wird die sogenannte Zero-Crossing Methode verwendet; man kann jedoch auch die Intervallverteilung zwischen EEG-Maxima- oder Minima darstellen oder bestimmte Amplitudenniveaux auswählen. Hierbei wird dann die Intervalldauer z.B. zwischen zwei benachbarten Nulldurchgängen der EEG-Kurve gemessen und diese Intervalldauern und ihre Häufigkeitsverteilung als Histogramm dargestellt. Die Intervallanalyse gibt gute Informationen über das Frequenzverhalten des EEG ¹⁴⁾. Eine Fortentwicklung der Intervallhistographie stellt die sogenannte Periodenanalyse dar, die auf der Intervallmessung der Nulldurchgänge nicht nur des Original-EEG, sondern auch der ersten und gegebenenfalls zweiten Ableitung nach der Zeit beruht ¹⁵⁾.

Intervall - und Periodenanalyse geben zwar brauchbare Informationen im Zeitbereich, lassen aber keine Rückschlüsse auf das Amplitudenverhalten des EEG zu. Die in der vorliegenden Arbeit verwendete Methode berücksichtigt beide Aspekte und liefert daher mehr Informationen als jede der bisher aufgeführten Methoden, sofern sie nicht kombiniert verwendet werden. Dies erfordert wiederum erhöhten Arbeitsaufwand und unterschiedliche Apparaturen.

Die Autokorrelationsfunktion ist den von uns erhaltenen Summationskurve sehr ähnlich; sowohl im Amplituden- wie auch im Frequenzverhalten bestehen enge Beziehungen, wie RIEGER und KRIEGLSTEIN bereits dargestellt haben ¹⁶⁾. Die Anwendung der Autokorrelationsfunktion hätte deshalb prinzipiell zu ähnlichen Ergebnissen führen müssen. Sie wurde aus folgenden Gründen nicht verwendet:

- Die Autokorrelation ist im Vergleich zu einer Summationsmethode stärker störempfindlich, da sie multiplikativ arbeitet und damit eventuelle Artefakte stärker ins Gewicht fallen, während bei einer Summation davon ausgegangen werden kann, daß sich nicht an das Trigger-Signal gekoppelte EEG-Ereignisse während des Summationsvorganges aufheben und statistisch gegen den wahren Mittelwert tendieren, was auch für Artefakte gelten kann. Die Frage der Störungsempfindlichkeit ist jedoch nicht der entscheidende Gesichtspunkt, da nur technisch einwandfreie EEG-Registrierungen zur weiteren Analyse zugelassen wurden. Wichtiger ist der praktische Gesichtspunkt, daß die zur Gewinnung von Autokorrelationsfunktionen notwendigen Rechenvorgänge recht aufwendig sind und entweder das Vorhandensein von Korrelatoren oder den Zugang zu einem Rechenzentrum voraussetzen, während für die hier verwendete Summationsmethode nur ein relativ einfaches Summationsgerät erforderlich ist.

Grundsätzlich wäre es möglich gewesen, auch von der Autokorrelationsfunktion auszugehen und etwa die von DANIEL angegebenen Meßindizes zu verwenden, die den hier verwendeten Amplituden- und Frequenzmaßen vergleichbar sind ¹⁷⁾.

Der Gesichtspunkt einer möglichst einfachen, mit verhältnismäßig geringem apparativen Aufwand verbundenen Analysemethode war auch entscheidend dafür, daß nicht die Fouriertransformation des EEG herangezogen wurde. Diese Methode ist zweifellos im Bereich der EEG-Analyse

die leistungsfähigste und bekannteste. Sie liefert gleichzeitig genaue quantitative Amplituden- und Frequenzinformationen. Dabei wird das EEG-Signal in harmonische Sinuskomponenten zerlegt, deren "Power" dem mittleren Quadrat der Amplituden jeder Frequenz entspricht. Man kann zur Gewinnung eines "Powerspektrums" von der Autokorrelationsfunktion ausgehen, oder aber nach einem neueren Algorithmus eine "schnelle Fouriertransformation" (FFT) des Signals selbst durchführen.¹⁸⁾

Die auf der Fouriertransformation beruhende EEG-Spektralanalyse liefert zweifellos umfangreiche und auch theoretisch gut fundierte Informationen. Aber gerade durch den Umfang der Informationen wird ihre praktische Anwendbarkeit häufig begrenzt: Unter Zugrundelegung von nur 30 EEG-Frequenzen würde man bei der hier zu bearbeitenden topographischen Fragestellung mit 20 Ableitpunkten für jeden Patienten 600 Indizes erhalten. Es ist unmittelbar einsichtig, daß auch hier eine Vereinfachung und Datenkondensation erforderlich gewesen wäre, die sich in Richtung einer "mittleren Frequenz" und "mittleren Amplitude" zu orientieren hätte.

Topographische Untersuchungen mit Hilfe der FFT sind zwar schon durchgeführt worden, sie setzen jedoch wegen des erheblichen Rechenaufwandes die Verfügbarkeit großer Rechenanlagen voraus, die auch einem gut ausgestatteten EEG-Labor in aller Regel nicht zugänglich sind. Die hier verwendete Methode reduziert die mit gleicher Genauigkeit wie bei der FFT gemessene Information von vornherein auf wenige Indizes, wobei die vorliegende Arbeit zur Urteilsbildung darüber beitragen soll, ob diese sich als praktisch brauchbar erweisen. Der Vorteil der Einfachheit hat allerdings seinen Preis:

Summationsmethoden sind im Vergleich zur Autokorrelation und Fouriertransformation theoretisch weniger gut begründet. De BOER und KUYPER haben diese Problematik in ihrer Arbeit "Triggered Correlation" untersucht¹⁹⁾.

Sie kommen darin zu dem Ergebnis, daß die von KAMP und STORM van LEEUWEN verwendete Auto-Averaging-Methode (Summationssteuerung durch Kurvenmaxima) und die von RIEGER und KRIEGELSTEIN beschriebene Steuerung durch Nulldurchgänge hinsichtlich des Informationsverlustes (etwas über 6 dB) äquivalent sind. Der für Eleganz, Einfachheit und Schnelligkeit in Kauf zu nehmende Informationsverlust sei jedoch nicht gravierend, die erhaltenen Summationskurven seien durchaus der "wahren" Korrelationsfunktion vergleichbar und sogar für eine Weiterverarbeitung, etwa in Form einer Fouriertransformation, geeignet. Der minimal zu erwartende Informationsverlust von 3,7 dB sei als Fehlerquelle nicht entscheidend.

Wir dürfen daraus ableiten, daß die von uns verwendeten Techniken keine unzulässige Vereinfachung darstellen.

b) Einige praktische Gesichtspunkte:

Die Auto-Averaging-Methode benötigt lediglich ein Summationsgerät, wie es zur Gewinnung evozierter Potentiale bereits heute weit verbreitet ist. Als zusätzliche Anforderung ist zu nennen, daß der Averager durch das EEG-Signal selbst triggerbar sein muß, d.h., daß eine Schaltung vorhanden sein muß, die Nulldurchgänge oder Extrema der EEG-Kurve erkennt, bei ihrem Vorkommen ein Triggersignal liefert, das dann den Summationsprozeß auslöst. Der Kostenaufwand für eine derartige Einrichtung beträgt maximal die Hälfte dessen, was investiert werden muß, wenn ein handelsüblicher Fouriertransformator oder ein Korrelator angeschafft werden soll. Dazu kommt, daß ein Summationsgerät vielfach anderweitig verwendet werden kann, da es ein breites Indikationsspektrum zur Untersuchung evozierter Potentiale auf den verschiedenen Sinnesgebieten gibt, während Korrelatoren und FFT-Geräte nur für Untersuchungen geeignet sind, die auf eben diese Funktionen abzielen. Insofern glauben wir, daß die Verwendung einer relativ einfachen Methode praktische Vorteile bieten wird, auch wenn sie nicht auf den gleichen exakten Grundlagen aufbauen kann, wie die harmonische Analyse des EEG.

5.2. Zu den Ergebnissen

- a) Es handelt sich hier um eine erste klinische Anwendung der beschriebenen Methode. Die Auswahl der Patienten wurde nach EEG-Kriterien getroffen, die eine Beurteilung ermöglichen sollten, ob sich bestimmte, bereits visuell als eindeutig pathologisch erkennbare Abweichungen auch mittels dieser Methode darstellen lassen. Es mußte ferner geklärt werden, wie ein bei der visuellen Auswertung "normal" erscheinendes EEG sich in quantitativ-topographischer Hinsicht verhält. Die Grundzüge dessen, was "unauffällig", "auffällig" oder pathologisch gelten darf, konnte dargestellt werden. Eine systematische Untersuchung etwa einzelner Krankheitsgruppen hätte zu einer vorzeitigen Beschränkung geführt, die bei dieser Arbeit, die eine erste Übersicht darstellen soll, nicht zweckmäßig gewesen wäre. Insofern ist die diagnostische Zusammensetzung der untersuchten Patienten eher zufällig bedingt.
- b) Es ist festzustellen, daß visuelle und automatische Auswertung zu Ergebnissen führen, die nicht beziehungslos nebeneinanderstehen oder gar widersprüchlich sind. Der entscheidende Vorteil der automatischen Auswertung ist, daß sie zu quantitativen, im Verlauf verfolgbaren Ergebnissen führt, während bei der visuellen Auswertung Amplituden- und Frequenzverhalten nur sehr grob abschätzbar sind und insbesondere die topographische Struktur des EEG visuell nur schwer erkennbar ist und kaum in Form eines Befundes berücksichtigt werden kann. Dies bedeutet nicht, daß der visuelle Auswerter des EEG durch die hier benutzte Methode ersetzt werden könnte. Die automatische Auswertung berücksichtigt weniger EEG-Kriterien als die visuelle, mißt diese aber genauer. Wir haben bereits mehrfach darauf hingewiesen, daß einige wichtige EEG-Kriterien, z.B. die der Erkennung spezieller Wellenformen, nicht Gegenstand

dieser Studie sind - auch sie können durch automatische Methoden erfaßt werden, die jedoch ganz andere apparative und software-Voraussetzungen haben.

c) Gesichtspunkte zur künftigen Indikationsstellung

Es ist augenscheinlich, daß in der klinischen Elektroencephalographie automatische Methoden nur dann einzusetzen sind, wenn die visuelle Auswertung unbefriedigende Befunde liefert. Wenn das Routine-EEG so eindeutige Anomalien aufweist, daß eine weitergehende Information nicht möglich erscheint, hätte die komplizierte automatische Methode nur akademisches Interesse. Lediglich die Verlaufsbeobachtung eines permanent pathologischen EEG kann es wünschenswert erscheinen lassen, das Ausmaß der Anomalien quantitativ zu erfassen und hierzu die von uns verwendeten Amplituden-, Frequenz- und Symmetrieindizes heranzuziehen. Für Einzeluntersuchungen wird in solchen Fällen meist die visuelle Auswertung voll ausreichen. Anders verhält sich die Situation, wenn, was nicht selten vorkommt, das Routine-EEG einen normalen Befund ergibt, während klinisch der begründete Verdacht auf einen lokalisierten oder allgemein zerebralen krankhaften Prozeß besteht. In diesen Fällen wird man von der Untersuchung der topographischen Amplituden- und Frequenzstruktur weitere, gegebenenfalls entscheidende Informationen erwarten dürfen.

Schließlich können sogenannte "Grenzbefunde" dem visuellen Auswerter Schwierigkeiten in der Beurteilung bereiten. Es gibt Übergänge zwischen den noch physiologischen Normvarianten des EEG und dem bereits visuell als leicht abnorm erkennbaren Befund. In diesen Fällen dürfte das Vorliegen quantitativer Daten zur topographischen Amplituden- und Frequenzstruktur des EEG eine wertvolle Entscheidungshilfe liefern.

Zur Definition der Normalitätskriterien haben wir uns in der vorliegenden Studie an den Normen der klinischen Elektroencephalographie orientiert. Bei breiterer Anwendung der Methode ist zu erwarten, daß schärfere Abgrenzungen getroffen werden können, sobald Erfahrungen aus einem umfangreicheren Material vorliegen.

Computer-Auswertungen haben bislang in die klinische Routine-Elektroencephalographie noch keinen Eingang gefunden. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten, die Anwendung automatischer Methoden in der klinischen Routine zu prüfen.

Es wurden 20 bipolare Längsreihenableitungen bei jeweils gleichem Elektrodenabstand auf Magnetband gespeichert und nach einem von RIEGER und KRIEGLSTEIN in Anlehnung an KAMP und STORM van LEEUWEN beschriebenen Auto-averaging-Verfahren analysiert. Das Trigger-Signal wurde - jeweils nach Ablauf der gewählten Analysezeit - von einem Kurvenmaximum ausgelöst. Aus der Summationskurve wurden für jeden Ableitort die "mittlere Frequenz" und die "mittlere Amplitude" berechnet, die kartographisch dargestellt wurden.

Die Auswahl der Patienten erfolgte nach den bereits visuell befundeten Routine-EEGs, wobei die so klassifizierten Norm-Varianten und verschiedene pathologische EEGs ausnahmslos vertreten sein sollten.

Im Vergleich beider Methoden erweist sich die automatische Auswertung dann als überlegen, wenn quantifizierbare Ergebnisse gefordert sind. Dies gilt insbesondere für die topographische Verteilung von Amplituden und Frequenzen, die mit der visuellen Beurteilung nicht immer zu erkennen sind. Dagegen ist die dargestellte Methode zur Erkennung spezieller Wellenformen - oder Gruppen nicht geeignet; die visuelle Beurteilung berücksichtigt dies jedoch immer.

Die Anwendung der dargestellten Summationsmethode in der klinischen Routine erscheint nach vorliegenden ersten Ergebnissen nur dann gerechtfertigt, wenn die visuelle Auswertung keine eindeutige Aussage erlaubt. Dies gilt insbesondere für Grenzbefunde, die visuell nicht eindeutig als normal oder pathologisch beurteilt werden können; die exakte Auswertung des Amplituden- und Frequenzverhaltens kann zur Klärung dieser Frage beitragen. Visuell eindeutig als "normal" oder "patho-

logisch" befundene EEGs würden in ihrem Ergebnis nur bestätigt. Lediglich die Verlaufskontrolle konstant pathologischer EEGs könnte zur näheren Quantifizierbarkeit oder Lokalisation hirnerkrankter Prozesse von Interesse sein. Ein weiteres Anwendungsgebiet ergäbe sich dann, wenn klinisch-neurologische Diagnose mit einem visuell normal imponierenden EEG nicht übereinstimmt.

Die Methode ist nicht geeignet, visuell als "flache Normvarianten" klassifizierte EEGs auszuwerten. Hier kommt es wegen des ungünstigen Signal-Rausch-Verhältnisses zu Zufallsschwankungen, die das Ergebnis beeinflussen.

Literaturverzeichnis

COOLEY, J.W. and TURKEY, J.W., An algorithm for the machine calculation of the complex Fourier series. In: Math.Comput. 19 (1965), S. 297 - 301
18)

COOPER, R., Direct Computer Processing. In: Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology (A.Rémond Ed.), Elsevier, Amsterdam 1976, Bd 4 A, S. 42 -56
1)

CRAIB, A.R., M.PERRY, EEG-Handbook. 2. Aufl. Beckman Instruments 1975
7)

DANIEL, R.S., Electroencephalographic correlogram ratios and their stability. In: Science 145 (1965), S. 721 -723
17)

De BOER, E., P.KUYPER, Triggered Correlation. In: IEEE Trans.Biomed.Engn., 15 (1968), S. 169 -179
19)

DROHOCKI, Z., Die spontane elektrische Spannungsproduktion der Großhirnrinde. Pflügers Arch. ges. Physiol. 239 (1937), S.658 - 679
9)

DROHOCKI, Z., L'analysateur statistique d'amplitudes de l'EEG. In: Rev.Neurol. 117 (1967), S. 482 -484
9)

DUMERMUTH, G., Numerical spectral Analysis of the Electroencephalogram. In: Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology (A.Rémond Ed.), Elsevier, Amsterdam 1973, Bd 5 A, S. 33 -53
13)

GOLDSTEIN, L., Time Domaine Analysis of the EEG. The integrative method. In: CEAN, Computerized EEG analysis (G.Dolce and H. Künkel Eds.), Fischer, Stuttgart. 1975, S. 251 - 270
12)

GOLDSTEIN, L., A.A. SURGERMAN, H. STOLBERG, H.B. MURPHREE and C.C. PFEIFFER, Electrocerebral activity in schizophrenic and non-psychotic subjects; Quantitative EEG amplitude analysis. In: Electroenceph. clin. Neurophys. 19 (1965), S. 350 - 361
11)

LEGWIE, H., W. PROBST, Computereinsatz in der Neuropsychologie. In: Neuropsychologie - Aktuelle Probleme (M. Haider Ed.), Huber, Bern 1971, S. 112 - 126
14)

MATOUŠEK, M., Review of Various Methods of EEG Analysis. In: Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology (A. Rémond Ed.), Elsevier, Amsterdam 1973, S. 5 - 29
2)

RIEGER, H., J. KRIEGLSTEIN, Über eine einfache Analyse-methode des EEG. Z. EEG-EMG 5 (1974), S. 123 - 129
3), 5), 8), 16)

RIEGER, H., J. KRIEGLSTEIN, Quantitative analysis of the EEG effects produced by imipramine, des-imipramine, promazine and monodesmethyl promazine in the isolated rat brain. Psychopharmacology 39 (1974 a), S. 163 - 179
6)

RIEGER, H., J. KRIEGLSTEIN, H. SCHÜTZ, Amplitude Histograms of the EEG in Pharmacological Research. Pharmacopsychiatrie 12 (1979), S. 94 - 101
10)

SALZBERG, B., Period Analysis. In: Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology (A. Rémond Ed.), Elsevier, Amsterdam 1973, Bd 5 A, S. 67 - 75
15)

STORM van LEEUWEN, W., A. KAMP, A.M. THIELEN, Une methode simple pour effectuer une certaine forme d'"auto" et "cross" correlation de l'EEG. Rev. Neurol. 109 (1963), S. 259 - 260
4), 18)

Lebenslauf

Am 6.12.1950 wurde ich als zweites und jüngstes Kind des Volksschullehrers Franz Grünberg und dessen Ehefrau Ritta in Worms am Rhein geboren.

Ostern 1957 wurde ich in die Volksschule Eich, Kreis Worms eingeschult. 1960 wechselte ich nach dem Umzug meiner Eltern in die Volksschule Volxheim bei Bad Kreuznach. Von Ostern 1961 bis Sommer 1969 besuchte ich das Staatliche Lina-Hilger-Gymnasium, neusprachlicher Zweig, wo ich am 10.6.69 das Abitur erwarb.

Im Wintersemester 1969/70 nahm ich das Studium der Medizin an der Johannes Gutenberg -Universität Mainz auf. Hier legte ich im September 1970 die naturwissenschaftliche Vorprüfung mit der Note "sehr gut" ab. Im Oktober 1972 bestand ich die ärztliche Vorprüfung mit der Note "befriedigend".

Mein Studium der klinischen Semester wurde 1973 durch einen Auto-Unfall für 2 Semester unterbrochen. Eine zweite Unterbrechung erfolgte nach der Geburt meines Sohnes Peter am 3.6.75. Im Jahr zuvor hatte ich geheiratet.

Im Sommer 1977 legte ich das medizinische Staatsexamen mit der Note "sehr gut" ab.

Die Stationen meiner Medizinalssistentenzeit waren:

- II.Med. Universitätsklinik,
- Chirurgische Universitätsklinik und
- Universitätskinderklinik.

Am 1.9.78 erhielt ich die Approbation als Ärztin und bin seither in der inneren Abteilung des Stadtkrankenhauses Rüsselsheim als Assistenzärztin tätig.

Druck: Anuschk, 6500 Mainz, Kästrich 21, Tel. 29541

